

10/516955

PCT/DE

03/01/03

**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 30 JUL 2003

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung****Aktenzeichen:**

102 25 224.6

**Anmeldetag:**

06. Juni 2002

**Anmelder/Inhaber:**

Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

**Bezeichnung:**

Elektrische Maschine mit Statorkühlung

**IPC:**

H 02 K 9/16

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 25. Juni 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag

Dzierzon

Beschreibung

Elektrische Maschine mit Statorkühlung

Die Erfindung bezieht sich auf eine elektrische Maschine mit einem drehbar gelagerten Rotor, einem zugeordneten, ortsfesten Stator

sowie

einer Einrichtung zur Kühlung zumindest des Stators oder Teilen von diesem.

Die entsprechende Maschine ist der EP 0 853 370 A1 zu entnehmen.

In Stator von Maschinen insbesondere mit höherer Leistung kann eine erhebliche Wärme entwickelt werden, die im Hinblick auf eine höhere Maschineneffizienz mittels kühltechnischer Maßnahmen abzuführen ist. So sind z.B. luftgekühlte Generatoren (insbesondere mit Leistungen unter 300 MVA) bekannt, bei denen eine Kühlung durch einen vergleichsweise großen Luftstrom erfolgt, der durch ein Netzwerk feiner Kanäle geleitet wird (vgl. die eingangs genannte EP-A1-Schrift). Dabei trägt jedoch der Luftstrom selbst in Folge von Reibungsverlusten in den Kanälen in erheblichem Maße zu einer unerwünschten Wärmeentwicklung bei.

Für größere Maschinen wie z.B. Generatoren ist auch eine Kühlung von Stator und Rotor mit  $H_2$ -Gas bekannt (vgl. z.B. „Proceedings of the American Power Conference“, Vol. 39, Chicago 1977, Seiten 255 bis 269), das in einem gekapselten Gehäuse umgewälzt wird. Dabei sind nicht nur aufwendige Abdichtungsmaßnahmen erforderlich, sondern auch umfangreiche Sicherheitsmaßnahmen zu berücksichtigen.

Berdem sind auch wassergekühlte Generatoren Standard, bei denen das Wasser in Kanälen zirkuliert, die sich insbesondere durch die sogenannten Ständerstäbe (bzw. Ständerblechpakete) strecken. Hierzu ist ein Einsatz von Pumpen erforderlich.

Außerdem muss das Wasser aus Korrosionsschutzgründen konditioniert werden.

5 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es deshalb, die Maschine mit den eingangs genannten Merkmalen dahingehend auszugestalten, dass eine effektive Kühlung mit verhältnismäßig geringem Aufwand ermöglicht wird.

10 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den in Anspruch 1 angegebenen Maßnahmen gelöst. Dementsprechend soll die Kühleinrichtung der Maschine wenigstens eine Kaltfläche einer Kälteeinheit aufweisen, an die zu kühlende Teile des Stators über ein Leitungssystem thermisch angekoppelt sind, in dem eine Zirkulation eines Kältemittels nach einem Thermosyphon-Effekt  
15 vorgesehen ist oder erfolgt.

Ein derartiges Leitungssystem weist wenigstens eine geschlossene Rohrleitung auf, die zwischen der Kaltfläche einer Kälteeinheit und den zu kühlenden Teilen des Stators mit einem  
20 Gefälle verläuft. Das in diesem Leitungssystem befindliche Kältemittel rekondensiert dabei an der Kaltfläche der Kälteeinheit und gelangt von dort in den Bereich der zu kühlenden Statorteile, wo es sich erwärmt und dabei im Allgemeinen verdampft. Das so meistens verdampfte Kältemittel strömt dann innerhalb des Leitungssystems wieder zurück in den Bereich der Kaltfläche der Kälteeinheit. Die entsprechende Zirkulation des Kältemittels erfolgt demnach auf Grund eines sogenannten „Thermosyphon-Effektes“ in einem Naturumlauf mit Sieden und Verdampfen. Gemäß der Erfindung ist also dieses an sich  
30 bekannte Prinzip auf die Kühlung von Statorteilen von Leistungselektromaschinen angewandt.

Gegenüber luftgekühlten Maschinen wird durch teilweise direkte Wärmeabfuhr am Entstehungsort der Wärmeverluste über Thermosyphons eine Reduzierung des Luftvolumenstroms ermöglicht.  
35 Damit wird ein Senkung der durch den Luftstrom erzeugten Wärmeentwicklung erreicht, die eine weitere Reduzierung des

Luftvolumenstromes ermöglicht. Es ergibt sich so eine höhere Maschineneffizienz und Einsparungen bei Produktionskosten insbesondere bei der Wicklung und beim Blechpaket des Stators.

5

Bei einer kompletten Kühlung des Stators durch Thermosyphons kann die Leistungsgrenze, ab derer üblicherweise eine Wasserkühlung statt einer Luftkühlung eingesetzt wird, deutlich in höhere Leistungsbereiche geschoben werden.

10

Gegenüber einer direkten Wasserkühlung von Statorwicklungen mit Zwangsumlauf bestehen folgende Vorteile:

15

- Keine Korrosion oder aufwendige Konditionierung des Kältemittels bei Verwendung von organischen Kältemitteln wie Butan, Propan oder Azeton.
- Wegen der Verwendung eines geschlossenen Leitungssystems besteht keine Brand- oder Explosionsgefahr.
- Außerdem ist die Kühleinrichtung wartungsfrei, enthält keine Pumpen oder andere bewegliche mechanische Teile und ist außerdem selbstregelnd.

20

Die mit der erfindungsgemäßen Ausgestaltung der Maschine verbundenen Vorteile sind also darin zu sehen, dass der Leistungsbereich, ab dem sich eine direkte Statorkühlung rechnet, herabgesetzt werden kann.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Maschine gehen aus den abhängigen Ansprüchen hervor.

- 30 So kann die Kaltfläche in einfacher Weise an oder in einem Kondensorraum angeordnet sein, der in das Leitungssystem integriert ist.

- 35 Weiterhin kann vorteilhaft in das Leitungssystem ein mit den zu kühlenden Statorteilen in großflächiger wärmeleitender Verbindung stehender Kältemittelraum integriert sein, der ei-

nen guten Wärmeaustausch zwischen dem Kältemittel und den zu kühlenden Statorteilen gewährleistet.

5 Daneben kann der Ständer auch Kühlkanäle aufweisen, die Teil des Leitungssystems sind.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Maschine gehen aus den vorstehend nicht angesprochenen abhängigen Ansprüchen hervor.

10

Nachfolgend werden zwei bevorzugte Ausführungsbeispiele von elektrischen Maschinen nach der Erfindung anhand der Zeichnung noch weiter erläutert. Dabei zeigen jeweils schematisch deren Figur 1 eine Statorkühlung mittels eines Verdampfungs-

15

kühlers

und

deren Figur 2 eine Statorkühlung mittels diskreter Kühlkanäle.

20 Bei der elektrischen Maschine nach der Erfindung wird von an sich bekannten Maschinen des höheren Leistungsbereiches wie z.B. von Generatoren ausgegangen. In den Figuren sind nur die für die Erfindung wesentlichen Teile der Maschine angedeutet.

Gemäß Figur 1 weist die Maschine 2 einen gekühlten oder ungekühlten Rotor 3 auf, der um eine Achse A drehbar gelagert ist. Der Rotor ist unter Einhaltung eines Zwischenraums 4 mit ringförmigem Querschnitt von einem Stator 5 zumindest teilweise umschlossen, von dem in der Figur nur einzelne Bleche 5<sub>1</sub> eines Blechpaketes dargestellt sind. Zwischen zwei dieser scheibenförmigen Bleche 5<sub>1</sub> und 5<sub>2</sub>, die in der Figur axial auseinander gezogen dargestellt sind, ist ein scheibenförmiger Kältemittelraum 7 ausgebildet. In gewissen Abständen (in axialer Richtung gesehen) sind entsprechende Kältemittelräume in das Blechpaket integriert bzw. eingestapelt und/oder eingepresst. Auf diese Weise sind große Wärmeaustauschflächen zwischen einem in dem mindestens einen Kältemittelraum be-

30

35

5

findlichen Kältemittel k und den benachbarten Blechen des Blechpaketes 5 zu gewährleisten.

5 Als Kältemittel kommen je nach Erfordernis des zu wählenden Temperaturniveaus verflüssigbare Gase wie Propan, Butan, Aceton oder Neon oder in der Standardkältetechnik verwendete azeotrope Mischungen in Frage.

10 Konstruktiv lässt sich der wenigstens eine Kältemittelraum 7 auf folgende Weise günstig herstellen, nämlich

- durch zwei mittels Abstandshaltern separierte Bleche, die entlang der Ränder druckdicht zusammengeschweißt werden,
- oder durch Verwendung von Elementen, die durch eingebrachte Sicken zueinander auf Distanz gehalten werden.

15

Der wenigstens eine Kältemittelraum 7 ist Teil eines geschlossenen Leitungssystems 10 für das in ihm zirkulierende Kältemittel k. Das Leitungssystem enthält auf geodätisch höherem Niveau einen Kondensorraum 8, der mit dem Kältemittelraum 7 zwischen den Statorblechen 5<sub>1</sub> und 5<sub>2</sub> über eine Kältemittelzuführungsleitung 11 und eine Kältemittelrückleitung 12 verbunden ist.

20

Die Kälteleistung zur Kühlung des Stators wird von einer nicht näher dargestellten Kälteeinrichtung bereitgestellt, die beispielsweise wenigstens einen an ihrem kalten Ende befindlichen Kaltkopf aufweist. Ein solcher Kaltkopf besitzt eine auf einem vorbestimmten Temperaturniveau zu haltende, beliebig gestaltete Kaltfläche 14 auf oder ist mit dieser thermisch verbunden. An diese Kaltfläche sind thermisch der Innenraum der Kondensorkammer 8 und damit das Kältemittel angekoppelt; beispielsweise kann die Kaltfläche 14 auch eine Wand dieses Raumes bilden.

30

35 An der Kaltfläche 14 kondensiert das Kältemittel und gelangt auf Grund des geodätischen Gefälles in flüssiger, mit k<sub>f</sub> bezeichneter Form über die Zuleitung 11 in den Kältemittelraum

7 im Bereich des zu kühlenden Ständerblechpaketes 5. Der dort vorhandene Kältemittelspiegel ist mit 9 bezeichnet. Dort erwärmt sich das Kältemittel, beispielsweise unter zumindest teilweiser Verdampfung, wie in der Figur durch einzelne Dampfbblasen 9' angedeutet sein soll. Das somit gasförmige Kältemittel  $k_g$  strömt aus diesem Raum 7 über die Rückleitung 12 in den Kondensorraum 8, wo es an der Kaltfläche 14 rekondestensiert. Ein derartiger Naturumlauf mit Sieden und Verdampfen bildet das Thermosyphon-Prinzip (vgl. auch DE 41 08 981 C2 oder DE 100 18 169 A1).

Für die in Figur 2 nur teilweise im Schnitt dargestellte elektrische Maschine 22 nach der Erfindung ist eine Kombination einer Luftkühlung mit einer erfindungsgemäßen Thermosyphon-Kühlung ihres Stators 25 vorgesehen. Die Luftzirkulation erfolgt dabei in bekannter Weise (vgl. z.B. die eingangs genannte EP 0 853 370 A1 oder die EP 0 522 210 A1) und ist durch gepfeilte Linien Lf veranschaulicht. Durch das Paket der Statorbleche 25<sub>i</sub> verlaufen zusätzlich in axialer Richtung Kühlkanäle 27 eines Leitungssystems 20. Diese Kühlkanäle münden stirnseitig wiederum in eine Kältemittelzuleitung 11 bzw. eine Kältemittelrückleitung 12. Diese Leitungen 11 und 12 sind mit einem Kondensorraum 28 mit Kaltfläche 14 zur Rückkühlung des in dem Leitungssystem 20 unter Ausnutzung eines Thermosyphon-Effektes zirkulierenden, allgemein mit  $k$  bezeichneten Kältemittels verbunden. Entweder münden die Leitungen 11 und 12 in diesen Raum, in dem dann eine Kondensation von gasförmigem Kältemittel  $k_g$  zu flüssigem Kältemittel  $k_f$  erfolgt. Oder aber es ist - wie für das Ausführungsbeispiel angenommen - eine indirekte Kühlung durch ein weiteres Kältemittel  $k'$  vorgesehen, das den Raum 28 erfüllt. Dabei verläuft das Leitungssystem 20 durch diesen Raum hindurch, wo ein Wärmeaustausch mit dem Kältemittel  $k'$  durch die Wand des Leitungssystems hindurch geschieht. Bei dieser Ausführungsform erfolgt also die Kühlung der Statorstäbe bzw. -bleche 25<sub>i</sub> statt mit einer Zwangsumlaufkühlung durch Wasser hier in einem geschlossenen Kreislauf mit einem thermodynamisch vor-

teilhaften, dem Betriebszustand (pT) angepassten Kältemittel k, wobei die Bleche 25<sub>i</sub> mit ihren Kühlkanälen 27 als Verdampfer dienen.

- 5 Bei den an Hand der Figuren erläuterten Ausführungsbeispielen werden vorteilhaft mehrere Verdampferkühler eingesetzt, die wahlweise entweder durch einzelne Kühlkreisläufe mit dem Kondensatorraum verbunden werden oder deren Zu- und Rückleitungen als gesammelte Leitungen ausgeführt werden. Der Vorteil  
10 liegt hierin in einem kleineren Verrohrungsaufwand, wobei für eine wärmegerechte Aufteilung der Kühlmittelströme durch die einzelnen Verdampfer gesorgt werden muss. Auf Grund des hohen Wärmeübergangs beim Kondensieren werden das Bauvolumen zur Rückkühlung und damit die Kosten durch den Einsatz der Thermosyphon-Kühlung gegenüber einer Luft/Luft-Kühlung oder  
15 Luft/Wasser-Kühlung reduziert.

- Abweichend von der für die Ausführungsbeispiele angenommenen Bereitstellung der Kälteleistung mittels des Kaltkopfes eines  
20 Kryokühlers auf einem verhältnismäßig niedrigen Temperaturniveau kann, insbesondere wenn vergleichsweise höhere Betriebstemperaturen zuzulassen sind, eine Rückkühlung eines Kältemittels an einer Kaltfläche auch mittels Wassers oder Umgebungsluft erfolgen. Denn Voraussetzung für die Zirkulation des entsprechenden Kältemittels nach dem Thermosyphon-Effekt ist lediglich das Temperaturgefälle zwischen der Kaltfläche einer Kälteeinheit und den zu kühlenden Statorteilen.



## Patentansprüche

1. Elektrische Maschine mit

- einem drehbar gelagerten Rotor,

5 - einem zugeordneten, ortsfesten Stator  
sowie

- einer Einrichtung zur Kühlung zumindest des Stators oder  
Teilen von diesem,

10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die  
Kühleinrichtung wenigstens eine Kaltfläche (14) einer Kälte-  
einheit aufweist, an die zu kühlende Teile des Stators (5,  
25) über ein Leitungssystem (10, 20) thermisch angekoppelt  
sind, in dem eine Zirkulation eines Kältemittels (k) nach ei-  
nem Thermosyphon-Effekt vorgesehen ist oder erfolgt.

15

2. Maschine nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n -  
z e i c h n e t , dass die Kaltfläche (14) an oder in einem  
Kondensorraum (8, 28) angeordnet ist, der in das Leitungssys-  
tem (10, 20) integriert ist.

20

3. Maschine nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h g e -  
k e n n z e i c h n e t , dass in das Leitungssystem (10)  
wenigstens ein mit den zu kühlenden Statorteilen (5i) in  
großflächiger wärmeleitender Verbindung stehender Kältemit-  
telraum (7) integriert ist.

4. Maschine nach Anspruch 3, d a d u r c h g e k e n n -  
z e i c h n e t , dass der Kältemittelraum (7) zwischen  
Blechen (5i) eines Blechpaketes (5) des Stators ausgebildet  
30 ist.

5. Maschine nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h g e -  
k e n n z e i c h n e t , dass der Ständer (25) Kühlkanäle  
(27) aufweist, die Teil des Leitungssystems (20) sind.

35

6. Maschine nach einem der vorangehenden Ansprüche, d a -  
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Kühlein-

richtung zusätzlich Strömungswege für eine Luftkühlung (Lf)  
aufweist.

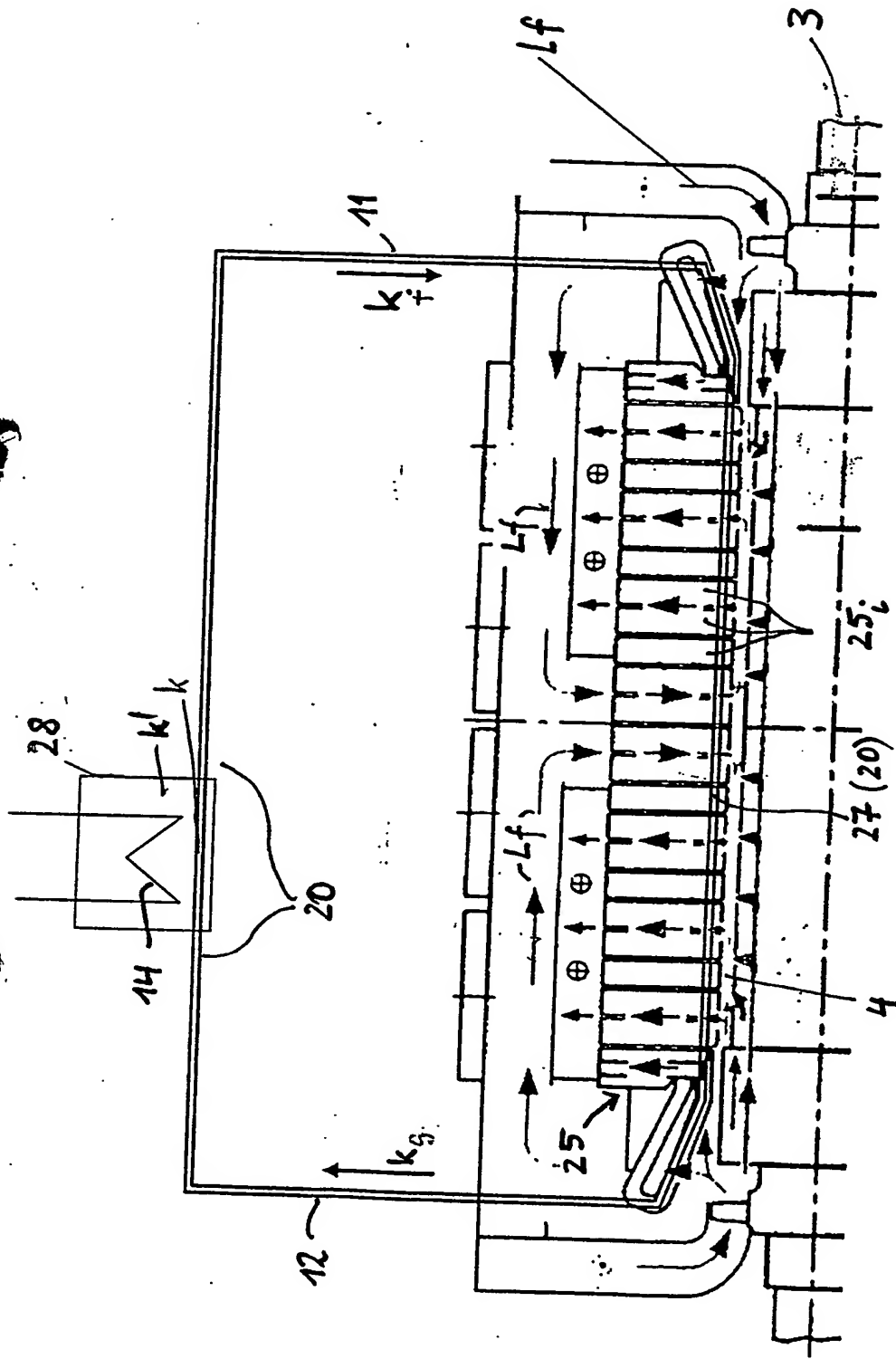
## Zusammenfassung

## Elektrische Maschine mit Statorkühlung

- 5 Die elektrische Maschine (22) enthält einen ortsfesten Stator (25) um einen drehbar gelagerten Rotor (3). Es ist wenigstens eine Kaltfläche (14) einer Kälteeinheit vorgesehen, an die zu kühlende Teile (25i) des Stators (25) über ein Leitungssystem (20) thermisch angekoppelt sind, in dem eine Zirkulation ei-
- 10 nes Kältemittels (k) nach einem Thermosyphon-Effekt erfolgt.

FIG 2





22

FIG 2

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**